

VI стручно советување  
со меѓународно учество

**ПОДЕКС-ПОВЕКС '12**



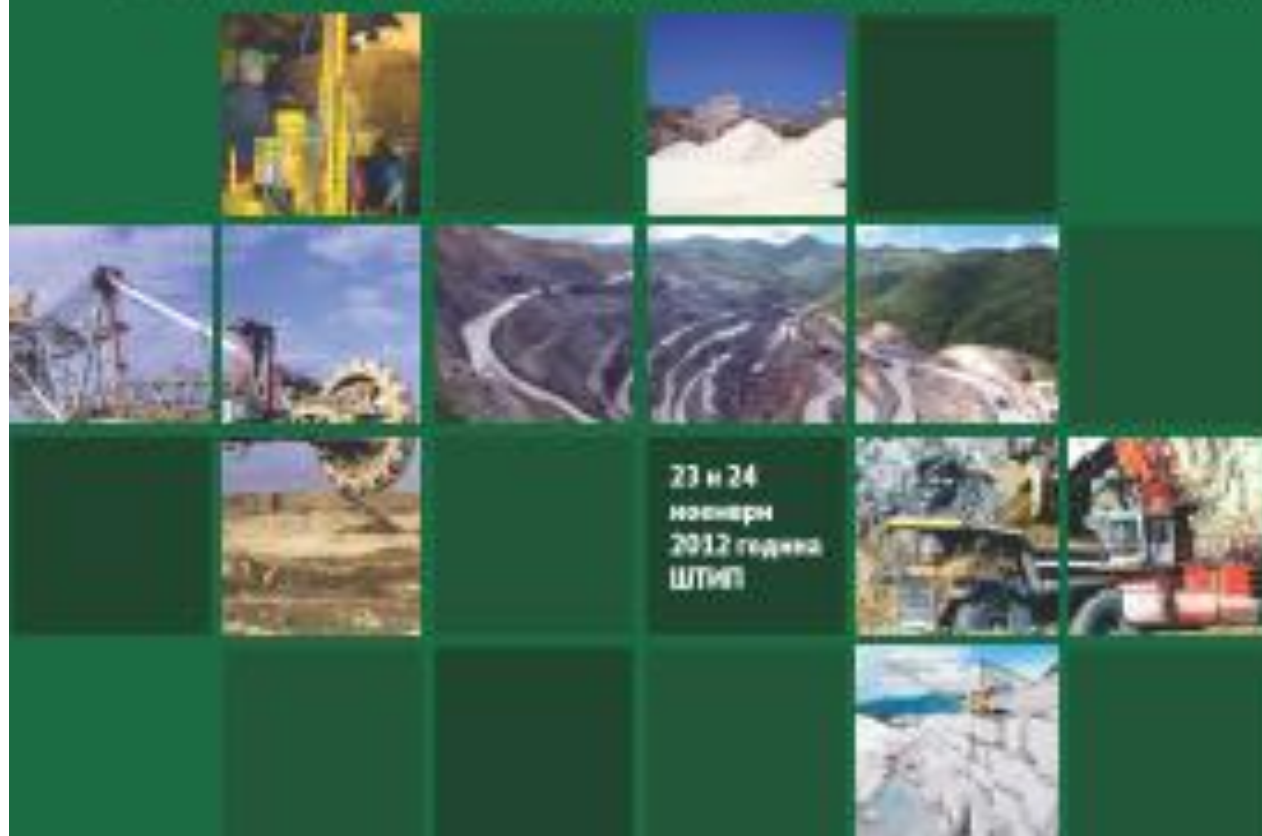
ЗРГИМ  
Здружение на рударски и геотехнички  
инженери на Република Македонија



ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО  
Факултет за природни и технички науки  
Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ - ШТИП

**ЗБОРНИК  
НА ТРУДОВИ**

# ПОДЗЕМНА И ПОВРШИНСКА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ





**ЗРГИМ**

**VI<sup>TO</sup> СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ СО  
МЕЃУНАРОДНО УЧЕСТВО**

## **ПОДЕКС – ПОВЕКС '12**

**23 – 24. 11. 2012 година  
Штип**

**ТЕХНОЛОГИЈА НА ПОДЗЕМНА И ПОВРШИНСКА  
ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ**

**ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ**

Зборник на трудови:

**ТЕХНОЛОГИЈА НА ПОДЗЕМНА И ПОВРШИНСКА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ**

Издавач:

**Здружение на рударски и геолошки инженери на Република Македонија**

Главен и одговорен уредник:

**Проф. д-р Зоран Десподов**

За издавачот:

**Љупчо Трајковски, дипл.руд.инж.**

Техничка подготовка:

**Асс. м-р Стојанче Мијалковски**

**Доц. д-р Николинка Донева**

**Асс. м-р Благица Донева**

Изработка на насловна страна:

**Дејан Николовски**

Печатница:

**Графо Продукт, Скопје**

Година:

**2012**

Тираж:

**120 примероци**

CIP - Каталогизација во публикација

Национална и универзитетска библиотека "Св. Климент Охридски", Скопје

622.22/23:622.3(062)

СТРУЧНО советување на тема "Технологија на подземна и површинска експлоатација на минерални сировини" со меѓународно учество ПОДЕКС-ПОВЕКС'12 (6 ; 2012 ; Штип)

Технологија на подземна и површинска експлоатација на минерални сировини : зборник на трудови / VI-то стручно советување на тема "Технологија на подземна и површинска експлоатација на минерални сировини" со меѓународно учество ПОДЕКС-ПОВЕКС'12 23-24.11.2012 година Штип ; [главен и одговорен уредник Зоран Десподов]. - [Скопје]:

Здружение на рударски и геолошки инженери на Република Македонија, 2012. - 268 стр. : илустр. ; 30 см

Библиографија кон трудовите

ISBN 978-9989-2921-8-7

а) Рударство - Подземна експлоатација - Минерални сировини -

Собири

COBISS.MK-ID 92669450

***Сите права и одговорности за одпечатените трудови ги задржуваат авторите. Не е дозволено ниту еден дел од оваа книга биде репродуциран, снимен или фотографиран без дозвола на авторите и издавачот.***



## ОРГАНИЗАТОР:

ЗДРУЖЕНИЕ НА РУДАРСКИТЕ И ГЕОЛОШКИТЕ  
ИНЖЕНЕРИ НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА

## ОРГАНИЗАЦИОНЕН ОДБОР:

### **Претседател:**

Љупчо Трајковски, ЗРГИМ-Скопје

### **Потпретседатели:**

Проф. д-р Зоран Десподов, Институт за рударство, ФПТН, УГД-Штип;

Проф. д-р Ристо Дамбов, Институт за рударство, ФПТН, УГД-Штип

### **Извршен секретар:**

Асс. м-р Стојанче Мијалковски, Институт за рударство, ФПТН, УГД-Штип;

### **Членови:**

Доц. д-р Дејан Мираковски, Институт за рударство, ФПТН, УГД-Штип;

Проф. д-р Орце Спасовски, Институт за геологија, ФПТН, УГД-Штип;

Борче Гоцевски, Рудник САСА ДОО, Македонска Каменица;

Мише Кацарски, ИММ Рудници ЗЛЕТОВО, Пробиштип;

Благоја Георгиевски, РЕК Битола, Битола

Драган Насевски, ГИМ, Скопје;

Чедо Ристовски, Рудник САСА ДОО, Македонска Каменица;

Миле Пејчиновски, ИММ Рудник ТОРАНИЦА, Крива Паланка;

Зоран Костоски, МАРМО БЈАНКО, Прилеп.



**ЗРГИМ**  
Здружение на  
рударски и  
геолошки инженери  
на Р. Македонија

**VI TO СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:**  
Технологија на подземна и површинска експлоатација на  
минерални сировини

**ПОДЕКС – ПОВЕКС '12**

Штип  
23 – 24. 11. 2012 год.

## ИЗБОР НА РУДАРСКА ОТКОПНА МЕТОДА СО ПРИМЕНА НА АНР-PROMETHEE ИНТЕГРИРАНАТА МЕТОДОЛОГИЈА

### MINING METHOD SELECTION BY INTEGRATED ANP AND PROMETHEE METHOD

Стојанче Мијалковски<sup>1</sup>, Зоран Десподов<sup>1</sup>, Дејан Мираковски<sup>1</sup>, Марија Хаџи  
Николова<sup>1</sup>, Николинка Донева<sup>1</sup>, Борче Гоцевски<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Универзитет "Гоце Делчев", Факултет за природни и технички науки, Институт  
за рударство, Штип, Р. Македонија

<sup>2</sup>Рудник за олово и цинк "САСА" ДОО, М. Каменица, Р. Македонија

**Апстракт:** Во овој труд е дадена кратка анализа на повеќекритериумската оптимизација, која што наоѓа примена во рударството при решавање на одредени проблеми. Повеќекритериумското одлучување може да се применува при оптимален избор на рударска откопна метода, при оптимален избор на транспортно средство итн. При примената на повеќекритериумското одлучување се земаат во предвид поголем број на критериуми, според кои што ќе се врши избор на најоптимална алтернатива.

**Клучни зборови:** повеќекритериумска оптимизација, метода ANP, метода PROMETHEE, интегрирана ANP-PROMETHEE методологија.

## 1. ВОВЕД

Најголем проблем на кој што наидува секој истражувач на почетокот кога врши истражување за отворање и експлоатација на нов рудник или анализира веќе постоечки подземен рудник, е **избор на откопна метода**. При донесувањето на конечна одлука за тоа која рударска откопна метода ќе се применува, треба да се земат во предвид повеќе **рударско-геолошки фактори**, како што се:

- големината и формата на рудното тело,
- условите на залегувањето,
- цврстината на рудата и соседните карпи,
- испуканоста на карпестата маса и др.

Исто така треба да се земат во предвид и **техничко-економските фактори**, како што се:

- вредноста на откопаната руда,
- безбедноста и здравите услови за извршување на работните операции,
- коефициентот на подготовка,



- искористувањето на рудата при откопувањето,
- коефициентот на осиромашување на рудната супстанца,
- цената на чинење на еден тон руда,
- откопниот учинок,
- деградацијата на теренот и останатите влијанија врз животната средина и др.

Големата одговорност при изборот на методата за откопување произлегува од фактот дека трошоците на откопување имаат најголемо учество во вкупните трошоци за експлоатација на рудното наоѓалиште.

Имајќи го во предвид фактот дека од голем број на најразновидни влијателни фактори зависи решението на проблемите во рударството, затоа процесите на проектирање и одлучување во рударството се изразито сложени и бараат соодветни научно-истражувачки пристапи. Поради тоа денес во рударството многу голема примена наоѓа повеќекритериумската оптимизација (повеќекритериумскиот математичко-моделски пристап) при планирање и проектирање во рударството, бидејќи со помош на повеќекритериумското одлучување се земаат во предвид поголем број на влијателни параметри.

Изборот на методата за откопување и конструкцијата на откопот е најкомплицирана и многу тешка одлука во процесот на инженерското одлучување кај подземната експлоатација, која што се донесува во интерактивна процедура за управување со карпестиот масив. За успешен избор на метода за откопување пресудно е следново:

- Добро познавање на рударските откопни методи кои што се користат во современата рударска пракса;
- Добро познавање на технологијата и технолошките постапки;
- Добро познавање на расположливата рударска механизација која што се користи во конкретните технолошки постапки, како и познавање на нивната можност и барања;
- Добро познавање на постапките за рационална реконструкција на реалниот карпест масив и методите за управување со масивот (Емпириски методи, нумерички методи за напонско-деформациска анализа и методи за структурна анализа).

Рударскиот инженер работи со повеќе или помалку надежни податоци кои што се резултат на геолошките истражувања за конкретното рудно наоѓалиште. Согласно со тоа, при изборот на методата за откопување претходи детално и темелно проучување на расположливата геолошка документација за рудното наоѓалиште. Резултатот од ова проучување треба да биде ментална слика за рудното тело, односно рудното наоѓалиште во конкретното опкружување.

Следна фаза е рационализација на реалниот систем која резултира со моделирање на карпестиот масив, со кои што модели понатаму се оперира. Во првиот чекор се разгледува анизотропијата и хомогеноста на карпестиот масив и се издвојува квазихомогена зона. Следниот чекор е класификација на карпестиот масив, односно класифицирање на секоја квазихомогена зона. Потоа следува креирање на нумерички модел за карпестиот масив кој што опфаќа дефинирање на критериумот за лом и конститутивно изедначување за секоја квазихомогена зона.

Наредната фаза е најкомплексна и претставува внесување на човекови конструктивности во природниот систем. Во оваа фаза се креира

конструкцијата на откопот со одреден облик, големини и просторна положба на рудното тело, согласно со физичко-механичките и структурните особини на карпестиот масив и примарната напонска состојба. Во оваа фаза се врши димензионирање на конструкцијата на откопот, која што опфаќа избор и димензионирање на подградната конструкција. Значи во овој чекор се усвојува технологијата и соодветната опрема.

Во последната фаза се прави организација на работата, се прогнозира ангажирањето на луѓето и опремата за бараниот капацитет. Завршниот, односно крајниот чекор е проценка на трошоците за откопување. Ова е крајот на инженерската анализа и потоа следи економската анализа, каде што се врши анализирање на трошоците, се утврдуваат тековите на капиталот, брзината за враќање на инвестициите и профитот. Во постапката за економска анализа се бира оптималната метода на откопување за дадените природни и пазарни услови.

## **2. ОПШТО ЗА ПОВЕЌЕКРИТЕРИУМСКАТА ОПТИМИЗАЦИЈА**

Постојат голем број на оптимизациони методи и други квантитативни математички методи на операционите истражувања, кои можат да се применат во процесите на одлучување при проектирање и планирање во рударството. Од овој комплекс на методи, од позиција на примена, би можело да се издвојат следните групи на методи за моделирање:

- Модели на еднокритериумска оптимизација (на пример: линеарно програмирање, нелинеарно програмирање, динамичко програмирање итн.);
- Модели на повеќекритериумска оптимизација (на пример: метода ELECTRA, метода PROMETHEE, метода ANP, ANP – PROMETHEE интегрирана методологија и др.);
- Математичко-моделски оптимизациони пристапи развиени за решавање на специјални случаи при проектирање и планирање во рударството.

Математичко-моделските оптимизациони пристапи развиени за конкретни случаи при планирање и проектирање во рударството, во основа се релативно добри решенија, бидејќи истите се дефинирани за моделирање на реален идентифициран проблем. Оваа методологија е многу ефикасна, но и изразито сложена. Сложеноста се состои од големиот обем на подготвителни работи за дефинирање и разработка на математичкиот модел, кој може да се примени за решавање на одреден вид на проблем со релативно добра адаптивност за примена во слични случаи.

Повеќекритериумската оптимизација за разлика од еднокритериумската, користи поголем број на критериуми (критериумски функции). Еднокритериумската оптимизација користи само еден критериум во оптимизацијата, со што значително се намалува и реалноста на решавањето на самиот проблем.

Зголемениот број на критериуми во моделите на повеќекритериумската оптимизација значат не само реализирање на моделирањето, туку и пред се зголемување на веродостојноста во добиените резултати. Процесот на оптимизација е во директна субјективна врска со доносителот на одлуката, односно експертот.

Големиот број на критериуми освен тоа што има свои предности, секако има и свои недостатоци. Недостатоците се предизвикани од големиот број на критериуми, од начинот на нивното дефинирање, дефинирањето на нивните влијанија, односно тежини во самиот модел, што од своја страна го прави овој процес на математичко моделирање комплексен. Дури и во денешни услови на развој на математиката како наука, не постои ниту една метода која би се карактеризирала со општост и моќност во решавањето на моделот.

Историски гледано, развојот на методите за повеќекритериумската оптимизација започнал со решавање на проблеми чекор по чекор, односно се развивале методи за конкретни проблеми. Со понатамошно истражување дошло до нивно обопштување и развивање во општи - формализирани методи за решавање на група или класи на проблеми.

Методите на повеќекритериумската оптимизација можат да се класифицираат во две поголеми групи, и тоа:

- Методи на повеќекритериумско одлучување или попознато како повеќекритериумска анализа;
- Методи на повеќекритериумско одлучување.

Иако методите на повеќекритериумската оптимизација се доста сложени, сепак истите имаат некои заеднички карактеристики како што се:

- Голем број на критериуми (ги креира доносителот на одлуката);
- Постојно напнатост помеѓу критериумите;
- Секој критериум има своја единица мерка и тежина (ретки се случаевите кога овој услов не е исполнет);
- Субјективност во оптимизацијата (влијанието на доносителот на одлуката);
- Решенијата на овие видови на проблеми се:
  - Проектирање на најдобри акции (алтернативи);
  - Избор на најдобра акција од множество на претходно дефинирани конечни акции.

### **3. АНР - PROMETHEE ИНТЕГРИРАНА МЕТОДОЛОГИЈА**

Обете PROMETHEE и АНР методата имаат јаки и слаби страни и можат да бидат поединечно употребени за избор на одлучувачка метода. Во овој труд, нашата идеја е да ги одстраниме слабите и да ги искористиме јаките страни на овие две методи со процесот на интеграција и комбинација на нивните процедури.

Macharis и други (2004) ги анализирале јаките и слабите страни на обете методи. Тие направиле компаративна анализа на следните елементи на обете методи:

Основните вредности на критериумите, структурирањето на проблемот, тратманот на неконзистенциите, одредувањето на тежините, проценка на заклучоците, управување со рангирањето на пресвртниот проблем, подршката на групното одлучување, употребливоста на софтверски пакети и можностите за визуелизација на проблемот. Врз основа на оваа компаративна анализа ние заклучивме дека одреден број на поволни карактеристики на АНР методата можат да ја подобрат PROMETHEE, особено при нивото на структурирање на одлучувачкиот процес и одредувањето на тежините. Тежините на



критериумите, добиени со АНП, имаат повисоко ниво на кохеренција, корелација, конзистенција и точност отколку тежините одредени врз основа на интуиција или знаење од доменот на специјалисти, кои се најчесто користени во PROMETHEE методата.

Во овој труд, предложената интегрирана АНП - PROMETHEE метода за избор на откопна метода е составена од четири основни чекори: 1) Влезни податоци, 2) АНП пресметки, 3) PROMETHEE пресметки, 4) Одлучување.

Во чекорот за Влезни податоци, алтернативните методи и критериуми се користат и нивната проценка ќе биде одредена и формирана одлучувачката хиерархија.

Во втората фаза, АНП пресметки ќе се употребат за формирање на споредување на парови матрици за да се одредат тежините на критериумите. Поединечни проценки ќе се направат со користење на скалата дадена во Табела 1, за да се одредат вредностите на елементите при споредбата на паровите матрици.

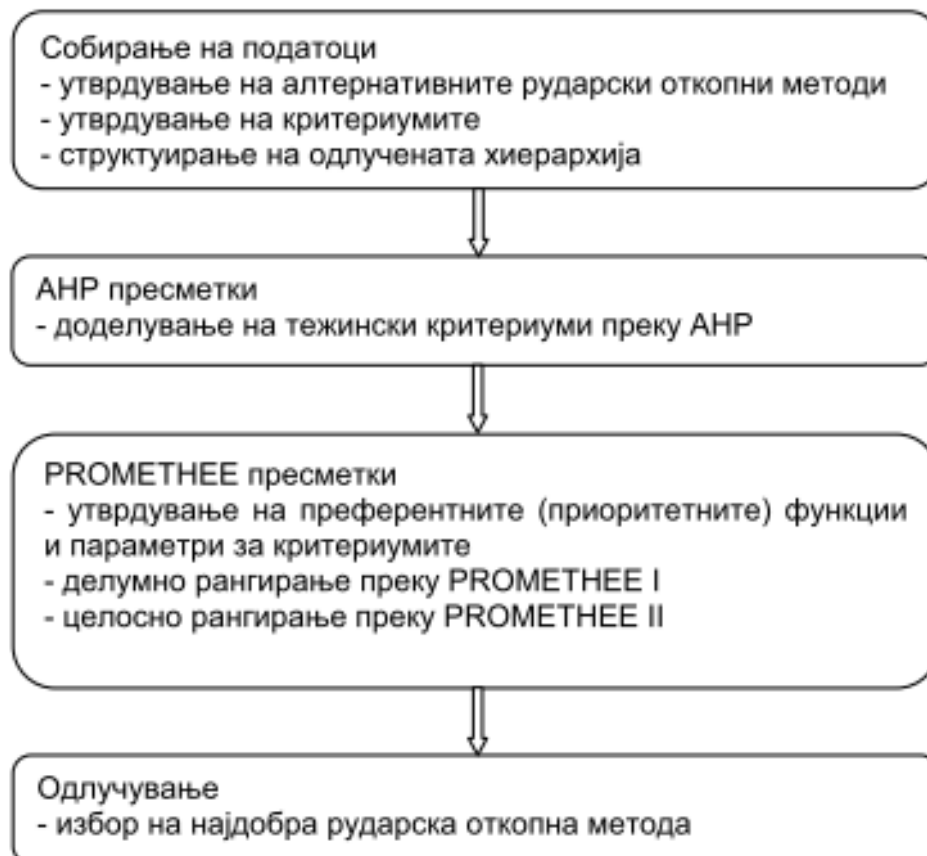
*Табела 1. Скала за споредба на преференциите кај АНП методата*

Вербална оценка	Бројчено рангирање
Подеднакво преферира	1
Умерена предност	3
Голема предност	5
Многу голема предност	7
Екстремно пожелна	9
2, 4, 6, и 8 се средни вредности	

Во третиот чекор – PROMETHEE пресметки, ќе се направат за одредување на приоритетите на откопната метода. Првенствено, функциите на преференции и параметрите ќе се одредат од авторите. Потоа, парцијално со PROMETHEE I и комплетно рангирање со PROMETHEE II методата.

Во последниот чекор - Одлучување, најдобрата откопна метода ќе се избери согласно рангирањата добиени од PROMETHEE I и II.

Шематското претставување на предложениот пристап е прикажан на слика 1.



Слика 1. Шематски приказ на предложената метода

#### 4. ЗАКЛУЧОК

Кога се донесува одлука при проектирање или планирање во рударството, потребно е да се води сметка за да се постигне што поголем работен учинок, да се обезбедат сигурни услови за работа, да има што помали работни трошоци, односно да се постигне што поголема финансиска добивка. За да бидат исполнети сите овие барања, потребно е да се земат во предвид поголем број на влијателни фактори, односно критериуми. Одделните критериуми немаат подеднакво влијание врз сите алтернативи, односно еден критериум може да има поголемо влијание врз една алтернатива, а помало врз останатите и обратно. Поради тоа се задаваат нормализирани тежини за секој критериум.

Повеќекритериумската оптимизација овозможува вклучување на поголем број критериуми, односно релевантни фактори со што се постигнува и поголема точност при изборот, односно при донесувањето на конечната одлуката. Од повеќекритериумските оптимизациони методи најмногу применувани се следниве: методата ELECTRA, методата PROMETHEE, методата АНР и др.

Во поново време е разработена АНР – PROMETHEE интегрираната методологија, во која што на еден начин се собрани предностите поединечно од двете методи (АНР и PROMETHEE). Задавањето на тежината на критериумите се врши според класичата АНР метода, а понатаму решавањето

за избор на најдобра алтернатива се врши според класичната PROMETHEE метода.

При донесувањето на конечна одлука при проектирање или планирање во рударството, пожелно е да се реши проблемот со примена на три повеќекритериумски оптимизациони методи, а потоа да се изврши споредување на добиените резултати од трите оптимизациони методи и тогаш да се донесе конечната одлука, односно да се избере најоптималната алтернатива.

## КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Bogdanovic D., Nikolic Dj., Ilic I.: *Mining method selection by integrated AHP and PROMETHEE method*, Technical Faculty in Bor, Belgrade University, Bor, Serbia, 2012;
- [2] Десподов З.: *Технологија на подземна експлоатација* (интерна скрипта), Рударско - геолошки факултет, Штип, 2000;
- [3] Мијалковски С.: *Избор на откопен метод за подземно откопување на рудно наоѓалиште*, Македонско рударство и геологија, број 9, СРГИМ, Скопје, 2008;
- [4] Мијалковски С., Десподов З., Мираковски Д., Зенделска А.: *Методологија за избор на рударска откопна метода*, Година V, Број 5 "Природни ресурси и технологии", Универзитет "Гоце Делчев", Факултет за природни и технички науки, Штип, 2011.
- [5] Мијалковски С.: *Придонес во утврдувањето на методологија за избор на метода за откопување во рудниците за подземна експлоатација на метални минерални сировини*, Магистерски труд (непубликуван), Факултет за природни и технички науки, Штип, 2009;
- [6] Мијалковски С., Донева Б., Каранаква Стефановска Р., Зенделска А., Митев Т.: *Примена на повеќекритериумската оптимизација за решавање на проблеми во рударството*, Трето стручно советување "Технологија на подземна експлоатација на минерални сировини", СРГИМ, Македонска Каменица, 2009.
- [7] Мијалковски С.: *Современо проектирање на подземен рудник*, Семинарска работа (непубликувана), Факултет за рударство, геологија и политехника, Штип, 2009;
- [8] Чупић Е. Милутин, Rao Tumala V. M., Сукновић Милија: *Одлучивање – формални пристап*, Четврто преработено и допуњено издање, ФОН, Београд, 2001;
- [9] Čupić E. Milutin, Rao Tumala V. M., Suknović Milija: *Odlučivanje - formalni pristup*, Peto prerađeno i dopunjeno izdanje, FON, Beograd, 2003;
- [10] Čupić E. Milutin, Suknović M. Milija: *Višekriterijumsko odlučivanje: metode i primeri*, Univerzitet BK (Braha Karih), Beograd, 1994.